



1704/153

# Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

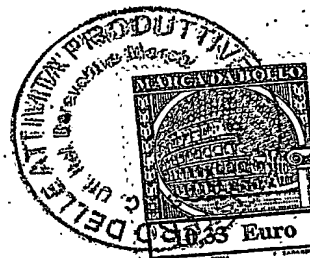
REC'D 11 MAY 2004

WIPO

PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**

N. MC2003 A 000032

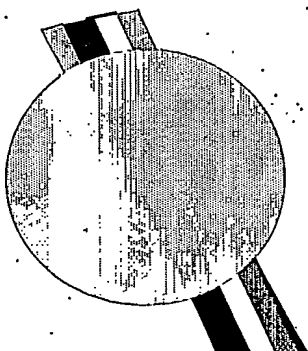


*Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

31 MAR. 2004

Roma, li .....



IL FUNZIONARIO

*Elena E. Marinelli*  
Elena E. MARINELLI



N.G.

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione VISCOUNT INTERNATIONAL SPA SP  
Residenza MONDAINO (RN) codice 03298850409  
2) Denominazione \_\_\_\_\_  
Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome BALDI CLAUDIO cod. fiscale \_\_\_\_\_  
denominazione studio di appartenenza ING. CLAUDIO BALDI SRL  
via PIAZZA GHISLIERI n. 3 città JESI cap 60035 (prov) AN

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario //////////  
via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

D. TITOLO classe proposta (sez/cl/sci) \_\_\_\_\_ gruppo/sottogruppo     /      
METODO E DISPOSITIVO ELETTRONICO PER RIPRODURRE IL SUONO DELLE CANNE AD ANIMA DELL'ORGANO LITURGICO, SFRUTTANDO LA TECNICA DELLA MODELLAZIONE FISICA DEGLI STRUMENTI ACUSTICI.

ANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA     /     /     N. PROTOCOLLO    

E. INVENTORI DESIGNATI cognome nome  
1) ZINATO CARLO 3) \_\_\_\_\_  
2) \_\_\_\_\_ 4) \_\_\_\_\_

F. PRIORITA' Nazione o organizzazione Tipo di priorità numero di domanda data di deposito allegato S/R  
1) \_\_\_\_\_     /     /         /     /         /     /      
2) \_\_\_\_\_     /     /         /     /         /     /    

SCIOGLIMENTO RISERVE  
Data \_\_\_\_\_ N° Protocollo \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Confronta singole priorità  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione \_\_\_\_\_

H. ANNOTAZIONI SPECIALI  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.  
Doc. 1) 01 PROV n. pag 34 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)  
Doc. 2) 01 PROV n. tav 08 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)  
Doc. 3) 01 RIS Lettera d'incarico  
Doc. 4) 00 RIS designazione inventore  
Doc. 5) 00 RIS documenti di priorità con traduzione in italiano  
Doc. 6) 00 RIS autorizzazione o atto di cessione  
Doc. 7) 00 nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento totale euro DUECENTONOVANTUNO/80 obbligatorio

COMPILATO IL 28/03/2003 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)

CONTINUA (SI/NO) NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA (SI/NO) NO

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO A 299

CAMERA DI COMMERCIO IND. ART. AGRICOLTURA DI MACERATA codice 43  
VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA MC2003 A 000032 Reg. A

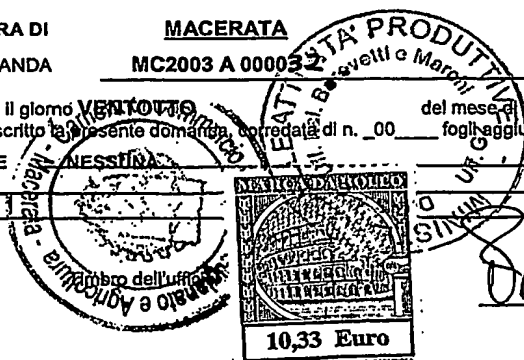
L'anno DUEMILATRE, il giorno VENTOTTO del mese di MARZO  
Il richiedente sopraindicato ha presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE \_\_\_\_\_

IL DEPOSITANTE  
MAURIZIO FAVA

L'UFFICIALE ROGANTE

Onorevole M. M. M.



10,33 Euro

## RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA MC2003 A 000032  
 NUMERO BREVETTO \_\_\_\_\_

REG. A

DATA DI DEPOSITO 28 / 03 / 2003  
 DATA DI RILASCIO    /    /   

## RICHIEDENTE (I)

Denominazione VISCOUNT INTERNATIONAL SPA  
 Residenza MONDAINO (RN)

## TITOLO

METODO E DISPOSITIVO ELETTRONICO PER RIPRODURRE IL SUONO DELLE CANNE AD ANIMA DELL'ORGANO LITURGICO, SFRUTTANDO LA TECNICA DELLA MODELLAZIONE FISICA DEGLI STRUMENTI ACUSTICI

Classe proposta (sez./cl./scl/) ☐

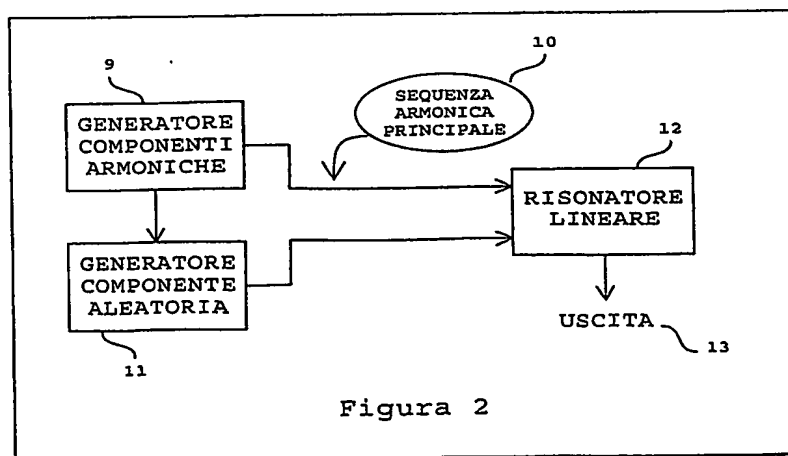
(gruppo sottogruppo)

☐ / ☐

## RIASSUNTO

La presente invenzione concerne un metodo ed un dispositivo elettronico per riprodurre il suono delle canne ad anima dell'organo liturgico sfruttando la tecnica della modellazione fisica degli strumenti acustici; trattasi di un sistema di sintesi audio digitale, realizzato sulla base di processori per l'elaborazione numerica dei segnali, contenete un programma di simulazione fisica della generazione del suono delle canne d'organo ad anima.

## 1. DISEGNO



MC 2003 A 000032

**DESCRIZIONE**

a corredo di una domanda di brevetto per invenzione industriale  
avente per titolo:

**“METODO E DISPOSITIVO ELETTRONICO PER  
RIPRODURRE IL SUONO DELLE CANNE AD ANIMA  
DELL’ORGANO LITURGICO, SFRUTTANDO LA  
TECNICA DELLA MODELLAZIONE FISICA DEGLI  
STRUMENTI ACUSTICI”.**

Titolare: **VISCOUNT INTERNATIONAL SPA**, con  
sede in MONDAINO (RN), Via Borgo 68/70.

Mandatario: **Ing. Claudio BALDI** della Società “ING.  
CLAUDIO BALDI SRL”, con sede in JESI  
(AN), Piazza Ghislieri

**32 8 MAR. 2003**

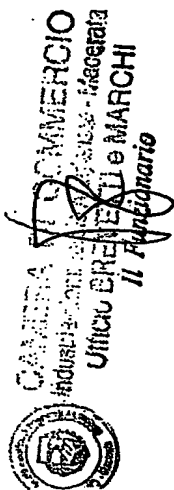
DEPOSITATO IL.....

**TESTO DELLA DESCRIZIONE**

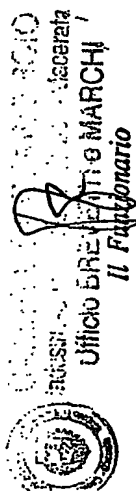
La presente domanda di brevetto per invenzione industriale ha  
per oggetto un metodo e un dispositivo elettronico per riprodurre  
il suono delle canne ad anima dell’organo liturgico, sfruttando la  
tecnica della modellazione fisica degli strumenti acustici.

In base all’esame del comportamento fisico delle canne d’organo  
ad anima e del suono da esse emesso, sono stati sviluppati  
numerosi algoritmi numerici di modelli fisico – matematici al  
fine di sintetizzare in tempo reale l’emissione sonora di questi  
strumenti aerofoni.

Tali modelli si basano essenzialmente sulla mutua e simbiotica



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISC. ALBO n. 299



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

interazione fra una sezione attiva non lineare, detta comunemente eccitazione, ed una passiva lineare, detta comunemente risonatore.

Il relativo algoritmo numerico produce estemporaneamente una sequenza che rappresenta il suono dello strumento analizzato e tradotto in modello fisico.

Il suono è caratterizzato da un iniziale intervallo temporale, detto transitorio d'attacco, durante il quale l'intensità cresce fino ad un determinato valore.

Tale valore d'intensità è mantenuto indefinitamente nel tempo durante la seconda fase, detta di regime stazionario, durante la quale la forma d'onda è approssimativamente periodica.

Le caratteristiche analitiche di tale forma d'onda, fra cui la più importante è la frequenza fondamentale, dipendono da ciascuno dei parametri che governano il funzionamento della simulazione numerica.

Essendo tale simulazione effettuata, per la presenza di numerosi blocchi funzionali non lineari, nel dominio del tempo anziché in quello della frequenza, è assai difficile stabilire a priori una relazione fra l'insieme dei parametri e ciascuna delle caratteristiche spettrali della sequenza generata.

Dunque, tali caratteristiche possono essere alterate modificando, in modo spesso empirico, l'insieme dei parametri e valutando a posteriori l'effetto della modifica.

In particolare, la frequenza fondamentale dipende non solo dalla

risposta in frequenza del risonatore, ma anche dalla quasi totalità delle caratteristiche quantitative dell'eccitazione; essendo inoltre, in fase di transitorio d'attacco, l'evoluzione della sequenza fortemente caotica, non è possibile predeterminare la fase della frequenza fondamentale al raggiungimento del regime stazionario.

Tali due peculiarità sono inaccettabili in strumenti musicali elettronici ad elevata polifonia, quali sono gli organi liturgici.

L'invenzione in parola consiste in un sistema di sintesi audio digitale, realizzato sulla base di processori per l'elaborazione numerica dei segnali, contenente un programma di simulazione fisica della generazione del suono delle canne d'organo ad anima.

Tale programma si divide in tre sezioni fondamentali concettualmente indipendenti: la prima si occupa della generazione della parte armonica del suono, la seconda ne genera la componente aleatoria, la terza elabora, mediante una funzione di trasferimento a due ingressi ed un'uscita, tali componenti, ottenendo la sequenza rappresentante il suono della canna d'organo.

Grazie all'indipendenza della sezione generante la parte armonica del suono, è possibile determinare a priori la frequenza fondamentale e la fase della forma d'onda generata dal programma nel suo complesso.

I parametri numerici di tale programma di simulazione in parte

CARTELLA COMMERCIO  
Ufficio BREVETTI e MARCHI  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

sono contenuti in una memoria statica, in parte sono ottenuti elaborando in tempo reale informazioni provenienti da una tastiera elettronica musicale e da un insieme di controlli utente, e determinano le caratteristiche fondamentali del suono generato, fra cui le principali sono l'altezza, l'intensità, l'involuppo temporale, la composizione armonica e la componente aleatoria. Per maggiore chiarezza esplicativa la descrizione del metodo e del dispositivo secondo il trovato prosegue con riferimento alle tavole di disegno allegate, riportate solo a titolo illustrativo e non limitativo, in cui:

- La figura 1 mostra una realizzazione di uno strumento musicale elettronico digitale capace di sintetizzare suoni di strumenti musicali sfruttando la tecnica della modellazione fisica secondo il trovato.
- La figura 2 mostra i tre blocchi funzionali fondamentali e le relative interconnessioni di un programma di sintesi audio digitale dei suoni delle canne ad anima d'organo liturgico secondo il trovato.
- La figura 3 mostra un diagramma di flusso, esplicativo di uno dei tre blocchi rappresentati in figura 2, secondo il quale è generata una sequenza costituente la parte armonica dei suoni delle canne ad anima d'organo liturgico secondo il trovato.
- La figura 4 mostra una realizzazione stabile di un oscillatore armonico digitale a due variabili di stato secondo il trovato.
- La figura 5 mostra una procedura secondo cui è generata la



CAMERALE  
 UFFICIO  
 UFFICIO BREVETTI & MARCHI  
 Il Funzionario  
 Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
 MANDATARIO ABILITATO  
 ISCR. ALBO P. 299

variazione nel tempo della frequenza operativa dell'oscillatore armonico rappresentato nella suddetta figura 4 secondo il trovato.

- La figura 6 mostra un diagramma di flusso secondo il quale è generata la componente aleatoria dell'andamento temporale della frequenza operativa dell'oscillatore armonico rappresentato nella suddetta figura 4 secondo il trovato.

- La figura 7 mostra un esempio di inviluppo temporale usato nell'ambito della generazione della sequenza costituente la parte armonica dei suoni delle canne ad anima secondo il trovato.

- La figura 8 mostra un diagramma di flusso secondo cui è realizzato un oscillatore a bassa frequenza impiegato nell'ambito della generazione della sequenza costituente la parte armonica dei suoni delle canne ad anima secondo il trovato.

- La figura 9 mostra un andamento temporale, costituito da tratti non rettilinei, secondo cui si può far variare la frequenza di un oscillatore senza percepire un'alterazione d'altezza timbrica secondo il trovato.

- La figura 10 mostra un algoritmo per la generazione di una sequenza periodica pseudoimpulsiva secondo il trovato.

- La figura 11 mostra un insieme di blocchi funzionali interconnessi, esplicativo di uno dei tre blocchi rappresentati in figura 2, mediante il quale è generata una sequenza costituente la parte aleatoria dei suoni delle canne ad anima d'organo liturgico secondo il trovato.

- La figura 12 mostra una macchina a stati grazie alla quale è



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO 299

Ufficio Provinciale Marche  
Il Funzionario

possibile limitare la differenza fra due campioni consecutivi di una sequenza senza secondo il trovato.

- Le figure 13 e 16 mostrano un tipo esemplificativo d'involuppo d'onda impiegato durante la fase di transitorio d'attacco della generazione dei suoni delle canne ad anima secondo il trovato.

- La figura 14 mostra un involuppo d'onda usato per generare la componente aleatoria dei suoni delle canne ad anima secondo il trovato.

- La figura 15 mostra un'architettura, esplicativa di uno dei tre blocchi rappresentati in figura 2, costituente un modello matematico del risonatore delle canne ad anima d'organo liturgico secondo il trovato.

- La figura 17 mostra la mutua interazione fra due blocchi funzionali necessari per la realizzazione di un generico oscillatore armonico secondo il trovato.

- La figura 18 mostra un'esemplificazione di una forma d'onda periodica pseudoimpulsiva, generata dall'algoritmo esposto in figura 10, impiegata nella generazione della componente aleatoria dei suoni delle canne ad anima secondo il trovato.

- La figura 19 mostra un'esplicazione del funzionamento della macchina a stati rappresentata in figura 12 secondo il trovato.

Con riferimento alle figure anzidette, lo strumento musicale elettronico in parola è fisicamente costituito da un insieme di componenti, di cui la tipologia, disposizione ed interconnessione sono rappresentate in figura 1.

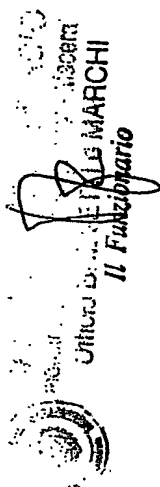
CAMERALE COMMERCIO  
Indirizzo: Macerata  
UNICO BREVETTO MARCHI  
Il Fittolario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

Tale realizzazione è tuttavia presentata a puro titolo esemplificativo, in quanto non costituisce di per sé il motivo centrale d'innovazione per il presente brevetto, né rappresenta un'unica e necessaria concretizzazione di uno strumento musicale elettronico capace di sintetizzare, mediante algoritmi di simulazione fisico – matematica, il suono delle canne d'organo. In riferimento alla figura 1, le informazioni provenienti da una tastiera musicale (1) e da un insieme di controlli utente (2) sono elaborate da un'unità di controllo (3), la quale, facendo uso anche di una molteplicità di parametri numerici memorizzati in una ROM (4), governa il funzionamento di un DSP (6). Tale DSP (6) esegue in tempo reale, su gestione dell'unità di controllo (3), il programma di sintesi del suono della canna d'organo, usando peraltro una RAM (5) per la scrittura e lettura di dati temporanei. Il prodotto del programma di sintesi è una sequenza numerica che è opportunamente convertita da un DAC (7) nel segnale analogico rappresentante il suono della canna d'organo, riproducibile mediante un sistema d'amplificazione ed un altoparlante (8). In tale programma di sintesi, costituente il motivo centrale d'innovazione per il presente brevetto, si individuano tre sezioni, a ciascuna delle quali è demandata una funzione fondamentale nell'ambito della simulazione numerica dell'emissione sonora della canna d'organo, come si evince dalla figura 2.

Il blocco (9) genera una sequenza armonica principale (10)



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO N. 299

costituita da un insieme di righe armoniche, le cui ampiezze e frequenze variano opportunamente nel tempo. Appoggiandosi su tale sequenza e sfruttandone parte della composizione, il blocco (11) genera un segnale pseudoaleatorio costituente la componente caotica del suono. Le sequenze sopra citate sono i due segnali d'ingresso del risonatore lineare (12), con cui è modellata la risposta in frequenza della parte risonante delle molteplici qualità di canne d'organo ad anima, e la cui uscita (13) è la sequenza rappresentante il suono di tali canne d'organo.

Nel diagramma a blocchi di figura 3 sono raffigurati in modo dettagliato i blocchi funzionali del generatore di componenti armoniche (9). L'oscillatore (14) genera una forma d'onda approssimativamente sinusoidale (16). La frequenza fondamentale di tale forma d'onda varia nel tempo in un intervallo di valori comprendente la frequenza fondamentale della nota musicale generata. I dettagli della realizzazione dell'oscillatore ed il criterio con cui varia nel tempo la frequenza saranno descritti in seguito.

Dalla sequenza (16), mediante il blocco non lineare (15), si ricava la forma d'onda (17): se tale sequenza (16) fosse esattamente una sequenza sinusoidale

$$x[n] = \sin[\omega_0 n],$$

la (17) sarebbe allora la sequenza

$$y[n] = 2 (\sin[\omega_0 n])^2 - 1 = -\cos[2\omega_0 n] = \sin[2\omega_0 n - \pi/2],$$

ossia una senoide di frequenza doppia rispetto a quella della



sequenza (16).

Ciascuna delle due sequenze (16) e (17) è poi amplificata dai rispettivi moltiplicatori (18a) e (18b), e quindi limitata, dai blocchi funzionali (19a) e (19b), ad ampiezze comprese nei rispettivi intervalli  $\pm \text{CLIP1}$  e  $\pm \text{CLIP2}$ . Le uscite dei blocchi (19a) e (19b) sono quindi moltiplicate per due sequenze prodotte rispettivamente dai generatori d'involuppo (20a) e (20b), il cui funzionamento sarà descritto in seguito, ed i prodotti risultanti sono sommati al nodo (21). Tale somma è in definitiva una sequenza prodotta da una successione d'operazioni istantanee, lineari e non, effettuate sulla forma d'onda (16). Se tale forma d'onda fosse esattamente la sequenza  $x[n]$  precedentemente descritta, al nodo (21) si otterrebbe una sequenza il cui spettro è formato da componenti armoniche multiple di  $\omega_0$  (compresa la stessa  $\omega_0$ ).

La sequenza (23), la cui generazione sarà descritta dettagliatamente in seguito, è una forma d'onda a bassa frequenza il cui fine, mediante il prodotto (22), è la modulazione in ampiezza della sequenza armonica.

L'elemento (24) è una linea di ritardo la cui risposta impulsiva è la sequenza  $\delta_{-1}[n - N]$ . Tale elemento, assieme ai prodotti ed alla somma costituenti il blocco (25), forma un filtro lineare la cui risposta impulsiva vale

$$\text{CBYP} + \text{CDEL} \cdot z^{-N}.$$

Il blocco (26) è una funzione istantanea non lineare descritta

MC2003 A 0000 32

dalla seguente formula:

$$f(x) = (x + x_0) - (x + x_0)^3 + y_0$$

dove  $x_0$  ed  $y_0$  sono parametri indipendenti. Lo scopo di tale blocco è la modifica della mutua proporzione fra le ampiezze delle armoniche della sequenza da esso elaborata.

Il blocco (27) è un filtro passa banda, la cui frequenza di picco corrisponde alla fondamentale delle armoniche di cui è formata la sequenza d'ingresso. Il parametro Q del filtro è tale da ottenere, con ottima approssimazione, la sola frequenza fondamentale dalla sequenza armonica d'ingresso. Inoltre, essendo la risposta in fase del filtro nulla in corrispondenza della frequenza di picco, le fasi della frequenza fondamentale dei segnali d'ingresso e d'uscita del filtro sono uguali. Tale caratteristica permette dunque di poter sommare fra loro le sequenze d'ingresso e d'uscita di tale filtro, senza alcun effetto d'elisione in corrispondenza della frequenza fondamentale: il blocco (28) somma tali sequenze (pesandole con i parametri GAIND e GAINF), in modo da poter alterare la proporzione in ampiezza fra l'armonica fondamentale e l'insieme di tutte le altre armoniche. L'uscita del blocco (28) è la sequenza armonica principale (10).

L'oscillatore sinusoidale (14) consiste in una particolare realizzazione del canonico oscillatore armonico a due variabili di stato, con accorgimenti necessari per migliorarne la robustezza alla variazione in tempo reale della frequenza operativa. In figura

4 è schematizzato il ciclo di operazioni effettuate, ad ogni intervallo di campionamento, sulle due variabili di stato VAR1 e VAR2, opportunamente inizializzate. Il parametro F determina la frequenza della sinusoide prodotta dall'oscillatore a variabili di stato che, nella sua forma canonica, è composto dai soli passi (29) e (31). Tale forma canonica ha lo svantaggio di non poter subire variazioni del parametro F in tempo reale senza alterare, in modo peraltro dipendente dall'attuale valore delle variabili di stato, l'ampiezza delle sinusoidi descritte dalle medesime variabili. Inoltre, dipendentemente dalla precisione numerica con cui è realizzato l'oscillatore, si possono verificare diminuzioni dell'ampiezza dell'oscillazione anche in condizioni stazionarie. È sufficiente allora amplificare, mediante il passo (30), la variabile VAR2 di un fattore  $1+\varepsilon$  (con  $\varepsilon$  positivo ma prossimo allo zero) e limitare in ampiezza, mediante il passo (32), la variabile VAR1 a valori compresi nell'intervallo  $\pm 1$ . Usando tali accorgimenti, la variabile VAR1 descrive con ottima approssimazione una sinusoide di ampiezza unitaria. Per inciso, tale variabile è l'uscita (16) del blocco (14) di figura 3. Il parametro F dipende dalla frequenza  $f$  secondo la relazione

$$F(f) = 2\sin(\pi f/f_{sr})$$

in cui  $f_{sr}$  è la frequenza di campionamento. La frequenza  $f$  può variare in tempo reale entro un intervallo  $[f_0 - \Delta f, f_0 + \Delta f]$  sufficiente a far percepire cambiamenti di frequenza, senza una collaterale alterazione d'ampiezza.

MC 2003 A 000032

CAMERA DI COMMERCE  
 Tribunale di Firenze - Albo  
 Office brevetti e marchi  
 Il Funzionario

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
 MANDATARIO ABILITATO  
 15/03/2018

Definito  $\delta f$  lo scostamento dalla frequenza centrale  $f_0$ , tale parametro varia in tempo reale secondo lo schema di figura 5. Il segnale (33), similmente al segnale (23) assieme al quale verrà descritto, è una forma d'onda a bassa frequenza il cui fine è la modulazione in frequenza della sinusoide generata; il blocco (34), appoggiandosi alla variabile VAR1, genera una forma d'onda aleatoria di tipo "sample and hold", secondo lo schema della figura 6. In definitiva,  $\delta f$  varia in funzione di un parametro costante PITCH (che assumendo un valore in un intervallo arbitrario  $[1-\delta, 1+\delta]$  determina l'accordatura "fine" della sinusoide), di una sequenza oscillante (33) e della già citata sequenza aleatoria (34). Il blocco (34) è descritto in figura 6: ogni qual volta la variabile VAR1 passa da un valore negativo ad uno positivo, la variabile RNDPTCH è aggiornata ad un nuovo valore NEWRND, che è una variabile aleatoria con densità di probabilità uniformemente distribuita nell'intervallo  $[1-\delta RNDP, 1+\delta RNDP]$ , con  $\delta RNDP$  parametro indipendente.

I due generatori (20A), (20B) producono due segnali d'involuppo a 5 segmenti, il cui andamento è genericamente descritto in figura 7. T1...T4 sono gli intervalli di tempo in cui il segnale passa rispettivamente dal livello L0 ad L1, da L1 ad L2, da L2 ad L3 e da L3 a zero. I generatori cominciano a produrre i rispettivi segnali d'involuppo in corrispondenza di un evento "note on". Il livello L2 è mantenuto nel tempo per un intervallo indefinito SUSTAIN, il cui termine coincide con il corrispondente evento



MC2003 A 0000 32

“note off”. Ognuno dei due generatori usa un proprio insieme di questi 8 parametri.

I segnali (23) e (33) precedentemente citati sono prodotti da un generatore di tipo “*Low Frequency Oscillator*” rappresentato in figura 8. È sottinteso il metodo di generazione della forma d'onda triangolare d'ampiezza unitaria e frequenza TRFREQ rappresentata nel blocco (35). I parametri TRFREQ, TRAMPL, TROFFSET, TRCOEFF1 e TRCOEFF2 determinano la conformazione dei due segnali (23) e (33), la cui comune frequenza fondamentale è TRFREQ. In particolare, il segnale (23) è un'onda triangolare di valor medio TROFFSET e semielongazione TRAMPL, mentre il segnale (33) è formato da tratti di parabole, come si osserva dalla figura 9. La relazione fra i valori TRCOEFF1, TRCOEFF2 ed il parametro indipendente K è biunivoca. Il particolare andamento del segnale (33) è necessario per ottenere, il più precisamente possibile, una modulazione triangolare di frequenza (rif. figura 5), attorno alla frequenza nominale  $f_0$ , con uguali andamenti delle semielongazioni positive e negative, se questi sono espressi in *centesimi di semitono*.

L'architettura del generatore (11) rappresentato in figura 2 è illustrata in dettaglio nelle figure 10, 11 e 12. In riferimento alle figure 3 e 10, il segnale (16), prodotto dall'oscillatore sinusoidale (14), è innanzitutto amplificato di un fattore RTINGAIN, limitato in ampiezza dal blocco (36) a valori compresi nell'intervallo  $\pm 1$ ,



MC 2003 A 0000 32

Ufficio Tecnico  
 71 e MARCHI  
 Il Funzionario

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
 MANDATARIO ABLITATO  
 ISCR. ALBO 71-299

quindi è elaborato dal filtro passa alto (37), infine il blocco non lineare (38) limita inferiormente il segnale a zero. All'uscita del blocco (38) è poi sommato il segnale (illustrato alla figura 13) prodotto dal generatore d'involuppo (39), ed il risultato è moltiplicato per il parametro RTGAIN. Il risultato RATE è una sequenza di valori usata nel blocco non lineare (42), denominato "RATE LIMITER", facente parte della struttura illustrata nella figura 11. In riferimento a quest'ultima, il blocco funzionale (40) genera una sequenza aleatoria bianca, con una funzione di densità di probabilità uniformemente distribuita, successivamente elaborata dal filtro passa basso (41). La sequenza così ottenuta è il segnale d'ingresso della struttura formata dalle linee di ritardo NBDL1, NBDL2, NBDL3, NBDL4, dalle somme NBS1, NBS2, NBS3, dai moltiplicatori NCGAIN, NBFBK e dal blocco non lineare (42). L'insieme formato da questi elementi, compresa la topologia delle interconnessioni, è denominato "NOISE BOX". Il segnale generato dal blocco (42), che è l'uscita dell'insieme appena descritto, è amplificato per un fattore NGAIN e moltiplicato per il segnale prodotto dal generatore d'involuppo (43), il cui andamento temporale è rappresentato nella figura 14. Il segnale NOISE così ottenuto è l'uscita del generatore (11) di figura 2.

La figura 12 descrive in dettaglio il blocco non lineare "RATE LIMITER" (42), formato dalle somme RLS1, RLS2, dal limitatore d'ampiezza (44) e dall'elemento di ritardo unitario

MC2003 A 0000 32

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. A. B. 299

Il Funzionario  
Uffici B. e C. e MARCHI

(45). Al segnale d'ingresso "IN" è dapprima sottratto, mediante il sommatore RLS1, il valore memorizzato nel ritardo (45), il risultato è quindi limitato in ampiezza a valori compresi nell'intervallo  $\pm \text{RATE}$  (essendo RATE la sequenza generata dalla rete già illustrata in figura 10), infine è risommato con il valore attuale del ritardo (45) al nodo RLS2. A questo punto il risultato "OUT" è memorizzato nell'elemento di ritardo (45) per un successivo ciclo. In figura 13 è rappresentato l'andamento temporale dell'involuppo generato dal blocco (39): partendo, ad un evento "note on", dal livello NBL0, si raggiunge in un tempo NBT il livello NBL1, sostenuto indefinitamente nel tempo, anche dopo il corrispondente evento "note off". La figura 14 descrive l'andamento temporale della sequenza generata dal blocco (43): ad un evento "note on" il segnale parte dal valore NL0, in un tempo NT1 raggiunge il valore NL1 quindi, in un tempo NT2 giunge al livello NL2, sostenuto fino al successivo evento "note off". In corrispondenza di tale evento, il segnale raggiunge il valore zero in un tempo NT3.

In riferimento alla figura 11, il blocco non lineare "RATE LIMITER" (42) è sostituibile con un filtro lineare, il cui guadagno abbia un andamento descritto dalla stessa sequenza RATE generata dall'architettura di figura 10, in modo tale che la struttura "NOISE BOX" di figura 11 sia a tutti gli effetti un filtro lineare tempo - variante.

In riferimento alla figura 2, le uscite dei generatori (9) e (11)

MC2003 A 0000 32

sono gli ingressi del risonatore (12), descritto dettagliatamente nella figura 15. I blocchi funzionali di cui è composta la rete (12) formano un ciclo di operazioni, lungo il quale si propaga per un tempo potenzialmente infinito una sequenza di campioni. A tale sequenza sono aggiunti, istante per istante e rispettivamente nei nodi di somma (46) e (48), i due contributi dei due generatori (9) e (11), grazie ai quali l'ampiezza della sequenza non decade. La struttura di figura 15 è la traduzione in modello matematico della parte risonante della canna d'organo ad anima, detta *canneggio*. In particolare, il filtro passa basso (47) emula la dissipazione d'energia acustica, con intensità variabili in funzione della frequenza; il filtro passa alto (49) attenua tutte le componenti di frequenza inferiore alla frequenza fondamentale; il generatore d'involuppo (50), mediante il prodotto (51), produce un segnale che rappresenta l'evoluzione temporale del guadagno ad anello del sistema risonante; il filtro (52) altera la fase della sequenza, lasciandone invariato il modulo; il fattore TFBK (53) dipende dal tipo di terminazione acustica alla sommità del canneggio; infine la linea di ritardo BDELAY (54) tiene conto del tempo impiegato da un'onda di pressione acustica a percorrere il canneggio dalla base alla cima e viceversa. L'andamento temporale del segnale prodotto dal generatore d'involuppo (50) è tracciato nella figura 16: in modo simile all'involuppo di figura 13, ad un evento "note on" il segnale passa da un valore FBL0 ad un valore FBL1 in un tempo FBT, quindi rimane costante. La sequenza d'uscita (13) è



Industrie e MARCHI  
 Ufficio  
 Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
 MANDATARIO APPLICATO

il segnale emesso dal modello matematico di figura 2 nel suo complesso, ossia la rappresentazione temporale dell'emissione sonora delle canne d'organo ad anima.

Saranno ora evidenziate le caratteristiche che rendono originale ed innovativa questa tecnica di sintesi audio digitale del suono delle canne ad anima.

La letteratura esistente sulla generazione di suoni di strumenti ad emissione sonora continua, fra i quali gli aerofoni, mediante la tecnica dei modelli fisici, propone soluzioni che si riconducono sempre ad una mutua interazione fra una parte attiva non lineare, denominata comunemente *eccitazione* (55), ed una passiva lineare, detta *risonatore* (56), secondo lo schema della figura 17. Nel caso degli strumenti aerofoni, l'energia apportata al sistema è sotto forma di pressione sonora, ed il segnale complessivamente prodotto è l'andamento dell'onda di pressione acustica irradiata da uno o più opportuni punti del risonatore. La forma d'onda  $p(t)$  è l'andamento della pressione d'aria che l'esecutore (od il mantice, nel caso di un organo liturgico) esercita sull'imboccatura dello strumento. In funzione di quest'andamento e dell'andamento della pressione  $w(t)$  in un opportuno punto all'interno del risonatore, si genera una pressione acustica oscillante  $e(t)$  che viene iniettata nel risonatore. Tale pressione  $e(t)$  ha, a regime stazionario raggiunto, la stessa frequenza fondamentale della pressione  $w(t)$ . Essendo lineare (a meno di modi di funzionamento molto particolari), il

Ufficio Brevetti e Marchi  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO

risonatore è descrivibile mediante una risposta impulsiva  $r(t)$ , che genera il segnale di ritorno  $w(t)$ , ed una risposta  $h(t)$ , che genera il segnale d'uscita  $y(t)$ . Quest'ultimo è l'andamento temporale dell'emissione sonora dello strumento. Essendo tutto ciò una simulazione numerica eseguita nel dominio del tempo anziché in quello della frequenza, è assai difficile predire matematicamente quale sia la frequenza fondamentale dell'oscillazione su cui il sistema si stabilizza, una volta raggiunto il regime stazionario. Ciò dipende dal fatto che tale frequenza non dipende solamente dai valori di frequenza in cui lo spettro in ampiezza della risposta impulsiva del risonatore presenta i massimi relativi, ma anche dall'andamento temporale del segnale forzante  $e(t)$ . Di fatto, qualunque tipo d'oscillatore armonico (elettronico, meccanico, ecc.) presenta tale caratteristica. Nell'ambito degli strumenti a fiato (comprese le canne d'organo), è sufficiente ad esempio un aumento della pressione sonora per ottenere, oltre ad un aumento d'intensità, un incremento della frequenza fondamentale dell'onda acustica generata, nonostante le caratteristiche della parte risonante restino immutate.

Un'altra inevitabile caratteristica di tutti i sistemi oscillanti descritti dalla figura 17 è l'imprevedibilità della fase del segnale generato, una volta raggiunto il regime stazionario. Dato che la forma d'onda  $p(t)$  con cui viene stimolato il sistema è in parte caotica, e comunque non contiene nessun tipo di informazione riguardante la fase dell'onda stazionaria sostenuta dal risonatore,

MC 2003 A 0000 32

il segnale  $y(t)$  presenta un transitorio d'attacco sempre ed imprevedibilmente diverso, pertanto, nonostante la forma d'onda, a regime, ricalchi sempre lo stesso andamento temporale periodico, è impossibile stabilire quali evoluzioni portino il sistema verso tale andamento. In termini quantitativi, è impossibile conoscere la fase della frequenza fondamentale di qualunque segnale elaborato all'interno del sistema stabile oscillante di figura 17, prendendo come origine temporale l'istante in cui inizia lo stimolo  $p(t)$ . Ciò, assieme alla difficoltà nel determinare a priori la frequenza fondamentale, è inaccettabile nel campo degli strumenti musicali elettronici ad elevata polifonia, quali sono gli organi liturgici.

Il sistema di sintesi usato nella presente invenzione deriva direttamente dalla sintesi nel dominio nel tempo sommariamente descritta, ma è caratterizzata dalla totale autonomia del segnale d'eccitazione da quello prodotto dal risonatore. Di fatto, la sequenza armonica principale (10) generata estemporaneamente dal blocco (9) di figura 2 è l'imitazione, fedele per quanto possibile, del segnale  $e(t)$  del sistema di figura 17 (ammesso che quest'ultimo sia un buon modello matematico della canna ad anima di un organo liturgico), con la sostanziale differenza che di tale sequenza, e quindi anche di quella prodotta dal sistema nel suo complesso (13), si conoscono perfettamente a priori la frequenza fondamentale e la fase.

La messa a punto dei parametri numerici di qualunque sistema

Ufficio brevetti  
Le MARCHI  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. AL R. T. 298

MC 2003 A 0000 32

oscillante, genericamente rappresentato nella figura 17, richiede particolare sensibilità e perizia, oltre che la perfetta conoscenza del suo modello matematico. Ciò significa che il buon funzionamento del sistema può venir meno, al punto di diventare instabile o addirittura inarmonico, se solo uno dei parametri assume un valore al di fuori di un particolare intervallo. Per di più, diverse modalità di funzionamento dell'oscillatore si ottengono solo agendo contemporaneamente e con particolare criterio su una moltitudine di parametri, rischiando comunque di rendere incontrollabile l'evoluzione temporale di uno o più segnali in transito lungo i blocchi funzionali del sistema, e ciò rende lenta e laboriosa la ricerca di molteplici sonorità prodotte da questo tipo di sintesi. Al contrario, un sistema privo di retroazione fra risonatore ed eccitazione, qual è il sistema di figura 2, permette di modificare in modo completamente indipendente i parametri numerici dei tre blocchi funzionali (9), (11), (12) senza pregiudicare il buon funzionamento del sistema nel suo complesso. Grazie a ciò, è possibile ottenere molto più facilmente una varietà di suoni assai superiore rispetto a quella ottenibile mediante un sistema ad anello di retroazione di paragonabile complessità.

Il sistema rappresentato in figura 3 rappresenta una sequenza di operazioni svolte sul segnale prodotto dall'oscillatore sinusoidale (14). La tipologia di tali operazioni e l'ordine con cui si susseguono sono solo una delle molteplici realizzazioni con cui si



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
1978-11-27-1980-11-27



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
1978-11-27-1980-11-27  
Il Funzionario

genera una forma d'onda sufficientemente ricca di componenti armoniche e dotata di un'opportuna evoluzione temporale, e comunque alcuni dei blocchi funzionali che compongono tale sistema, come il ritardo (24) e la funzione non lineare (26), sono derivati da alcuni modelli matematici di strumenti a fiato noti in letteratura, senza però volerne implicare la necessità. L'originalità di tale sistema consiste principalmente nell'aver adattato un comune oscillatore a variabili di stato a condizioni di funzionamento non stazionarie, mettendo a punto i blocchi funzionali (30) e (32) di figura 4, allo scopo di rendere tale oscillatore robusto alle variazioni del parametro  $F^2$  del blocco (29).

In riferimento alle figure 5 e 6, il motivo di originalità deriva dall'aver messo a punto il generatore (34) per ottenere gradevoli variazioni casuali di frequenza in tempo reale. Supponendo costante il fattore (33), ossia supponendo assente l'oscillazione a bassa frequenza della sequenza  $\delta f$ , quest'ultima assume un nuovo valore casuale ad ogni periodo della sequenza sinusoidale VAR1. Si ottiene così una variazione statistica del periodo d'onda, in termini di funzione di densità di probabilità, uniformemente distribuita. Tale variazione è percepita come una gradevole irregolarità nell'emissione sonora. Altrimenti, se  $\delta f$  assumesse più semplicemente un nuovo valore casuale ad ogni istante di campionamento, la lunghezza d'ogni periodo d'onda sarebbe descritta da una variabile formata dalla somma di N contributi





MC2003 A 000032

aleatori, ciascuno dei quali dotato di densità di probabilità uniformemente distribuita ( $N$  è il numero di campioni per periodo). La funzione di densità di probabilità d'una siffatta variabile, in virtù del teorema centrale del limite, si avvicina tanto ad una funzione gaussiana quanto più elevato è  $N$ . La variazione di frequenza così ottenuta risulterebbe assai irregolare, in quanto scostamenti elevati di frequenza si otterrebbero molto più raramente rispetto a piccole deviazioni dalla frequenza nominale. Ciò sarebbe assai sgradevole all'udito, poiché saltuariamente potrebbero essere generati periodi d'onda di lunghezza troppo diversa da quella nominale, percepiti come improvvisi malfunzionamenti del modello di generazione.

Il generatore della componente aleatoria (11) in figura 2 è del tutto originale, e la sua realizzazione, illustrata nelle figure 10, 11 e 12, trae origine dall'analisi di campionamenti di suoni emessi da una grande varietà di canne d'organo ad anima, e da alcune ipotesi sulla fisica di funzionamento delle stesse. In particolare, analizzando lo spettrogramma dei singoli periodi d'onda di un campione, ed usando una risoluzione temporale molto più fine di un periodo d'onda, si può osservare come una gran percentuale d'energia sonora si concentri in un intervallo di tempo molto minore del periodo stesso, collocato sempre nella stessa posizione lungo il periodo d'onda. Tal energia sonora copre un intervallo di frequenze considerevolmente superiore rispetto a quello coperto in media da una moltitudine di periodi. Dunque, lo

UFFICIO  
MACERATE - Macerata  
Città Breve e MARCHE  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO RILASCIATO  
ISCR. AL R. n. 299

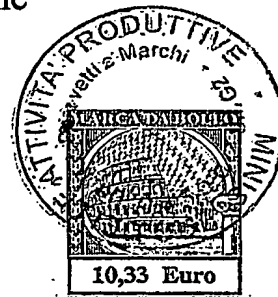
Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

Ufficio BREVETTI e MARCHI  
Il Funzionario

spetrogramma della parte stazionaria del suono delle canne ad anima presenta caratteristiche simili allo spetrogramma di un treno d'impulsi equidistanti, in ognuno dei quali si concentra tutta l'energia del singolo periodo. Queste considerazioni giustificano l'architettura delineata nella figura 10: mediante una successione di elementari operazioni deterministiche effettuate sulla sinusoide (16), si ottiene la sequenza RATE che assume, raggiunto il regime stazionario, un andamento qualitativamente impulsivo, di cui un esempio è tracciato in figura 18, nella quale  $T_0$  è il periodo della sinusoide (16). Qualunque sia il metodo con cui si ottiene una sequenza pseudoimpulsiva, quest'ultima è concettualmente uno dei fondamenti inventivi del generatore (11).

La struttura illustrata in figura 11 è formata dalle quattro linee di ritardo NBDL1, NBDL2, NBDL3 e NBDL4, di cui le prime tre, assieme alle somme NBS1, NBS2 ed al prodotto NCGAIN, formano un filtro FIR. L'uscita di questo filtro (ossia la somma NBS2) è successivamente elaborata dall'elemento non lineare (42), e quindi, moltiplicata per NBFBK, passando per la quarta linea di ritardo e per la somma NBS3, è iniettata nuovamente nel suddetto filtro. Se non fosse per l'elemento (42), la struttura "NOISE BOX" evidenziata dal riquadro sarebbe un filtro lineare, il cui spettro presenterebbe un andamento volutamente inarmonico, con una moltitudine di picchi di risonanza distribuiti in maniera non deterministica, dipendentemente dalla lunghezza

delle linee di ritardo e dai due parametri indipendenti NCGAIN e NBFBK. Queste quattro quantità sono dimensionate allo scopo di imitare la risposta in frequenza di un risonatore dalla geometria irregolare, qual è la porzione di spazio della canna d'organo immediatamente all'interno della bocca. L'elemento (42) provoca, grazie all'oscillazione periodica della sequenza RATE, una continua variazione nel tempo, anch'essa periodica, del "guadagno" (non rigorosamente definibile come tale, in quanto il "RATE LIMITER" è un blocco non lineare) dell'intero "NOISE BOX". In particolare, riferendosi alla figura 18, quando la sequenza RATE assume il valore minimo, le distorsioni non lineari causate dal blocco (42) implicano perdite d'energia tali da calmierare pesantemente gli effetti di risonanza propri della "NOISE BOX"; viceversa, durante gli istanti (molto più brevi) in cui la sequenza RATE assume valori relativamente elevati, emerge l'effetto risonante della "NOISE BOX" e l'intensità della componente aleatoria cresce. Si può notare come durante il transitorio d'attacco, a causa del generatore d'inviluppo (39), il cui andamento è riportato in figura 13, la sequenza RATE assuma valori più elevati rispetto al regime stazionario; tale accorgimento serve a rendere ancor più accentuate le risonanze della "NOISE BOX" durante i primi istanti di sintesi, allo scopo di simulare i fenomeni acustici denominati *colpi di tosse* (*chiff, cough, ecc.*) che le canne ad anima producono se la valvola che regola il passaggio dell'aria dal mantice al piede è aperta



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

MC2003 A 0 0 0 0 3 2

rapidamente.

Il blocco non lineare (42) è formato dai due sommatori RLS1, RLS2, dal limitatore d'ampiezza (44) e dall'elemento di ritardo unitario (45). Ad ogni istante di campionamento la differenza fra il valore d'uscita precedente ed il valore d'ingresso attuale è dapprima limitata in ampiezza a valori compresi nell'intervallo  $\pm \text{RATE}$ , quindi è nuovamente sommata al valore d'uscita precedente, ottenendo l'attuale valore d'uscita. La sequenza d'uscita perciò "insegue" la sequenza d'ingresso, mantenendo una pendenza limitata in funzione del valore RATE. A puro titolo esemplificativo, in figura 19 è riportato un grafico di una sequenza d'ingresso (in tratto continuo) ed una d'uscita (in tratteggio). Nell'istante  $t_0$  la pendenza della sequenza IN eccede il valore RATE/campione, perciò la sequenza OUT si distacca fino a ricongiungersi al punto  $t_1$ , dopo del quale la sequenza IN si mantiene costante. All'istante  $t_2$  l'eccessiva pendenza della sequenza IN provoca il distacco immediato della sequenza OUT, fino al punto di ricongiunzione  $t_4$ . Rispetto ad un filtro lineare, il "RATE LIMITER" ha il vantaggio di eliminare, mantenendo comunque una sufficiente larghezza di banda, eventuali discontinuità della sequenza aleatoria che, se presenti, sono assai fastidiose all'udito. Su quest'aspetto si fonda l'originalità del "RATE LIMITER".

Il blocco non lineare (42) è comunque sostituibile con qualunque blocco funzionale il cui effetto, sulla struttura "NOISE BOX" di

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANTOVANO - MANTOVA  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

MC 2003 A 000032

figura 11, sia la variazione quantitativa di risonanza generata dalla struttura stessa, secondo un andamento periodico.

Per quanto riguarda il risonatore lineare (12), le considerazioni fisiche che implicano la scelta dei blocchi funzionali di figura 15 sono qui esposte. La parte risonante di una canna d'organo, detta *canneggio*, è matematicamente descrivibile, nel più elementare dei modi, mediante un filtro "comb" del tipo  $1/(1 - FBK \cdot z^{-N})$ , in cui il coefficiente di retroazione FBK è legato al guadagno ad anello del filtro, ed il parametro N è inversamente proporzionale alla prima frequenza di risonanza dello stesso. Da tale base, molto usata nell'ambito dell'elaborazione audio digitale, prende forma il più complesso risonatore in figura 15. Fra gli elementi di cui questo è composto, è già chiara la funzione della linea di ritardo (54). La risposta in modulo del filtro passa basso (47) è progettata in modo tale da considerare le diverse perdite d'energia che le varie componenti armoniche subiscono al loro transito lungo il canneggio, mentre il filtro passa alto (49), la cui frequenza di taglio è minore della frequenza fondamentale del risonatore, elimina completamente la componente continua dell'onda stazionaria, per tener conto del fatto che la pressione acustica media all'interno di un canneggio è approssimativamente uguale alla pressione esterna. Grazie al generatore d'involuppo (50), durante la prima fase di funzionamento del risonatore, il guadagno ad anello del sistema è moderatamente sovrabbondante rispetto al suo valore a regime

Ufficio brevetti e marchi  
Il Funzionario  
Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISRE - N. 299

MC2003 A000032

stazionario raggiunto, in modo da rendere più veloce l'iniziale accumulo d'energia nel risonatore, ossia più rapido il transitorio d'attacco del suono generato. Del fattore TFBK (53) è importante soprattutto il segno: positivo per un canneggio aperto alla bocca ed alla sommità, negativo per uno aperto alla bocca e chiuso alla sommità. Ciò deriva dalla fisica della riflessione che un'onda di pressione acustica subisce in corrispondenza delle terminazioni del canneggio. Tale legge fisica giustifica anche l'uso del filtro passa tutto (52), l'elemento concettualmente più notevole del risonatore. Se per un verso il modello monodimensionale del canneggio è sufficientemente preciso da giustificare l'uso di una singola linea di ritardo per simulare la propagazione longitudinale di un'onda acustica all'interno dello stesso, tale approssimazione diventa inaccettabile nell'ambito della riflessione d'onda in corrispondenza di una discontinuità strutturale dalle dimensioni trasversali non trascurabili, qual è la sommità del canneggio. In tal senso, il filtro passa tutto (52) modifica, in maniera selettiva rispetto alla frequenza, il ritardo di fase totale del ciclo chiuso formato dagli elementi (46)...(54), in modo da rendere realisticamente inarmoniche le risonanze del risonatore lineare (12). Lo stesso filtro è opzionalmente usato per modificare in tempo reale, mediante controllate variazioni dei suoi coefficienti, il valore della prima delle frequenze di risonanza del canneggio in corrispondenza ad un evento di "note off", per simulare il fenomeno della moderata diminuzione della

Ufficio BREVETTI e MARCHE  
Il Funzionario

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
IS. 8/87/PC n. 299

ING. CLAUDIO BALDI S.r.l.

MC2003A000032

frequenza fondamentale del suono delle canne ad anima  
particolarmente acute nell'istante in cui la valvola d'immissione  
dell'aria si chiude.

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. 299

Uff. Cir. e MARCHI  
Il Nuntiaro



MC 2003 A 0000 32

## RIVENDICAZIONI

- 1) Metodo per la sintesi digitale del suono delle canne ad anima d'organi liturgici, caratterizzato per il fatto di prevedere di:
  - generare una sequenza composta da un insieme di componenti armoniche, delle quali sono predeterminati la frequenza fondamentale, la fase e l'andamento temporale dell'involuppo d'onda,
  - generare una sequenza aleatoria il cui spettro varia nel tempo secondo un andamento periodico sincrono rispetto alla suddetta sequenza composta da un insieme di componenti armoniche,
  - elaborare le due suddette sequenze mediante un ciclo di blocchi funzionali lineari, caratterizzato da una risposta impulsiva il cui spettro presenta almeno una frequenza di risonanza, potendo tale spettro essere modificato, in tempo reale e non, ottenendo una variazione dello spettro della sequenza elaborata dal suddetto ciclo chiuso, senza influire sul periodo fondamentale della sequenza stessa.
- 2) Dispositivo elettronico per la sintesi di suoni secondo il metodo di cui alla rivendicazione 1, caratterizzato per il fatto di essere formato da:
  - una sezione detta "generatore componenti armoniche" (9) che genera autonomamente una "sequenza armonica principale" (10) composta da un insieme di righe armoniche, la cui frequenza fondamentale è funzione di informazioni provenienti da mezzi di esecuzione musicale,



MC 2003 A 000032

- una sezione detta "generatore componente aleatoria" (11) che genera autonomamente una sequenza pseudoaleatoria, la cui energia varia nel tempo secondo l'andamento di una sequenza periodica la cui frequenza fondamentale dipende dalla frequenza fondamentale della suddetta "sequenza armonica principale" (10),

- una sezione a ciclo chiuso detta "risonatore lineare" (12), contenente almeno una linea di ritardo la cui lunghezza dipende da informazioni provenienti da mezzi di esecuzione musicale, la quale sezione, elaborando le due sequenze generate dai suddetti "generatore componenti armoniche" (9) e "generatore componente aleatoria" (11), genera una sequenza (13) costituente il prodotto del suddetto dispositivo elettronico per la sintesi di suoni.

3) Dispositivo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) elabora, mediante una successione di blocchi funzionali lineari e non lineari, istantanei e con memoria, costanti e tempo - varianti, una sequenza periodica (16) da esso stesso generata, ottenendo la suddetta "sequenza armonica principale" (10), formata da una o più righe armoniche, le cui frequenze sono multipli della frequenza della suddetta sequenza periodica (16), e le cui ampiezze variano differentemente nel tempo.

4) Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) produce,

Unità di Ricerca e Sviluppo  
Il Funzionario



Dr. Ing. CLAUDIO BALL  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. AL N. 289

MC2033 A 000032

mediante un oscillatore armonico (14), una sequenza periodica (16), essendo tale oscillatore armonico formato da un ciclo chiuso contenente due filtri lineari (29) e (31), ed essendo tale oscillatore caratterizzato da blocchi di controllo (30) e (32) che mantengono costante l'ampiezza di tale sequenza periodica, rendendo stabile l'oscillatore a fronte di variazioni della sua frequenza operativa.

5) Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) produce la suddetta "sequenza armonica principale" (10) la cui frequenza fondamentale, dipendente da informazioni provenienti da mezzi di esecuzione musicale, può variare in funzione di una combinazione fra una variabile oscillante a bassa frequenza (33) ed una variabile aleatoria (34) il cui valore cambia con una frequenza dipendente dalla frequenza fondamentale della suddetta "sequenza armonica principale" (10).

6) Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) include, lungo la suddetta successione di blocchi funzionali, almeno un filtro la cui frequenza di progetto dipende dalla frequenza fondamentale della suddetta "sequenza armonica principale" (10).

7) Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) elabora parallelamente una prima sequenza armonica (16), generata da un

MC 2003 A 0 0 0 0 32

oscillatore armonico (14), ed una seconda sequenza armonica (17), la cui frequenza fondamentale è un multiplo della frequenza fondamentale della suddetta prima sequenza (16), in modo tale che le ampiezze delle due sopracitate sequenze armoniche abbiano andamenti temporali indipendenti.

8) Dispositivo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componenti armoniche" (9) contiene almeno una funzione non lineare che arricchisce il contenuto armonico della sequenza (16) generata dall'oscillatore armonico (14).

9) Dispositivo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componente aleatoria" (11) elabora una sequenza aleatoria bianca (40), producendo una sequenza aleatoria in cui la differenza fra due campioni consecutivi sia limitata secondo l'andamento di una sequenza periodica la cui frequenza è funzione della frequenza fondamentale della "sequenza armonica principale" (10).

10) Dispositivo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato per il fatto che detto "generatore componente aleatoria" (11) contiene un filtro tempo - variante, la cui funzione di trasferimento varia ciclicamente con una periodicità che è funzione della frequenza fondamentale della "sequenza armonica principale" (10).

11) Dispositivo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato per il fatto che detto "risonatore lineare" (12) è formato da un ciclo chiuso di blocchi funzionali lineari, lungo il quale sono iniettate



Ufficio Italiano Brevetti e Marchi  
Il Funzionario

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO-ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299

MC 2003 A 0 0 0 0 3 2

le sequenze prodotte dal "generatore componenti armoniche" (9) e detto "generatore componente aleatoria" (11), essendo tale ciclo chiuso caratterizzato dall'avere una risposta in frequenza dipendente da informazioni provenienti da mezzi di esecuzione musicale, ed essendo la composizione armonica della sequenza prodotta dal suddetto "generatore componenti armoniche" (9) indipendente dalla risposta in frequenza del suddetto ciclo chiuso, in modo tale da poter modificare tale risposta, in tempo reale e non, senza alterare il valore della frequenza fondamentale della sequenza elaborata da tale ciclo chiuso.

IL MANDATARIO

Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299



RECEIVED  
Il Funzionario

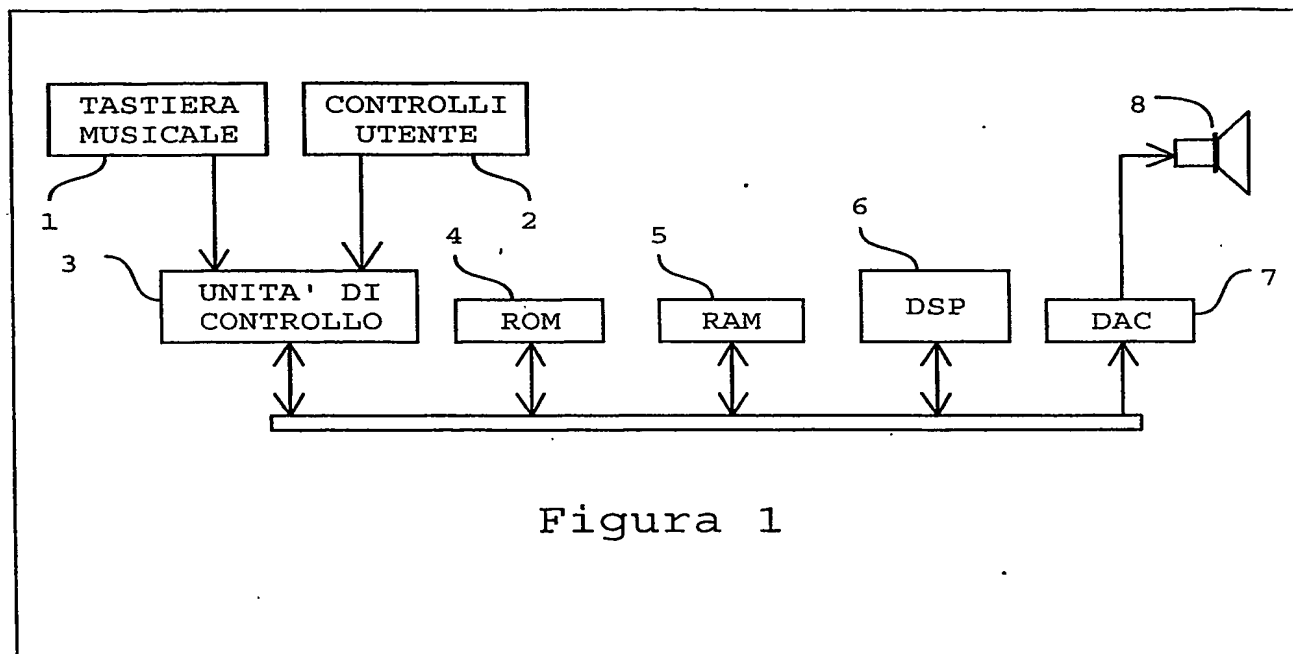


Figura 1

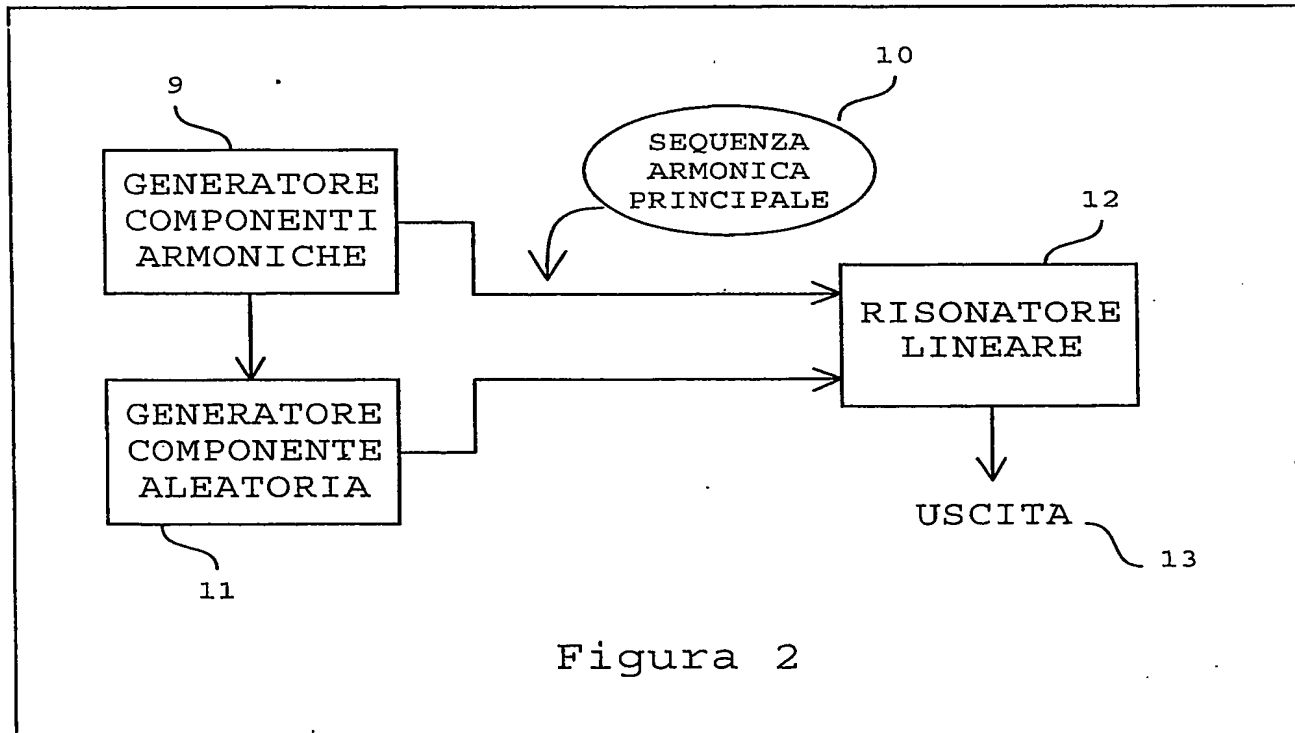
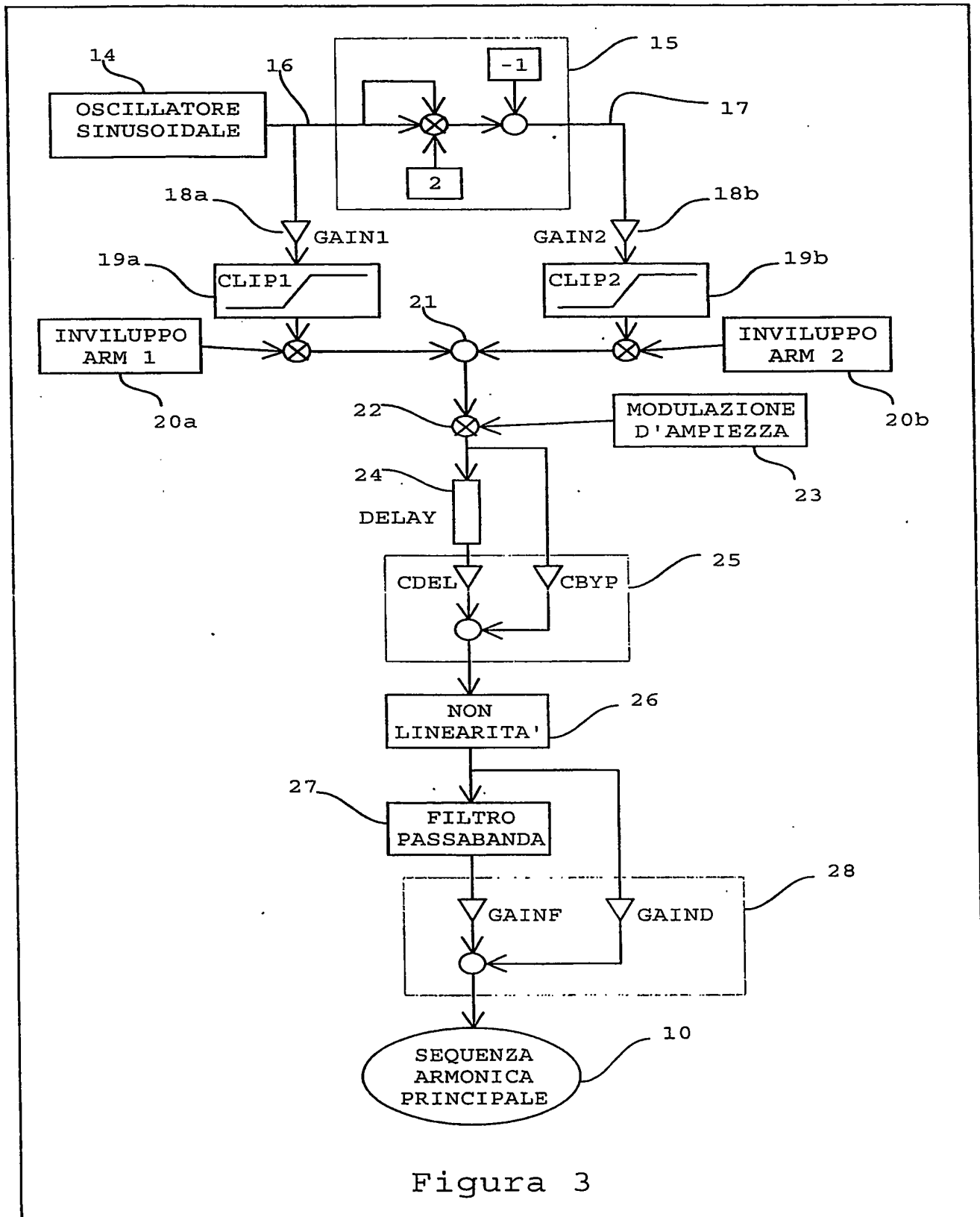


Figura 2



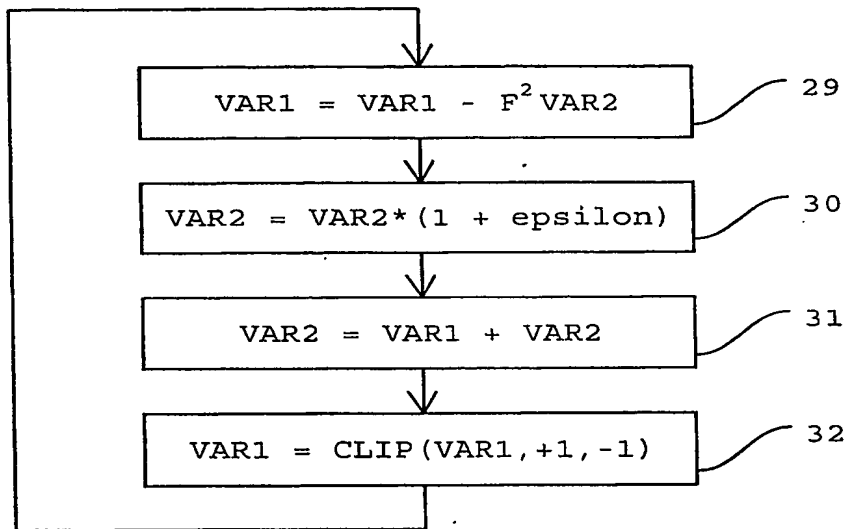


Figura 4

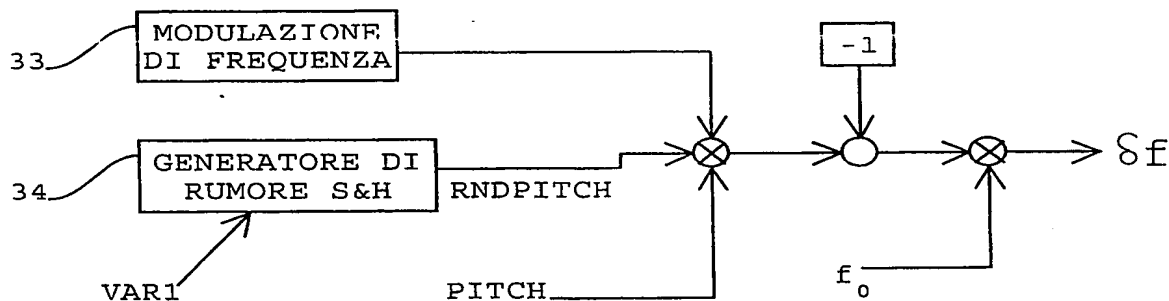


Figura 5

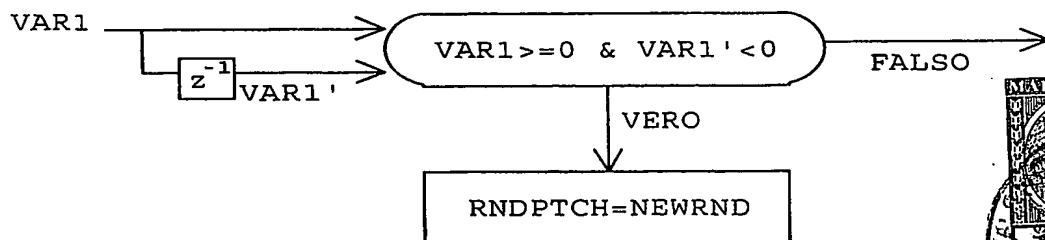


Figura 6

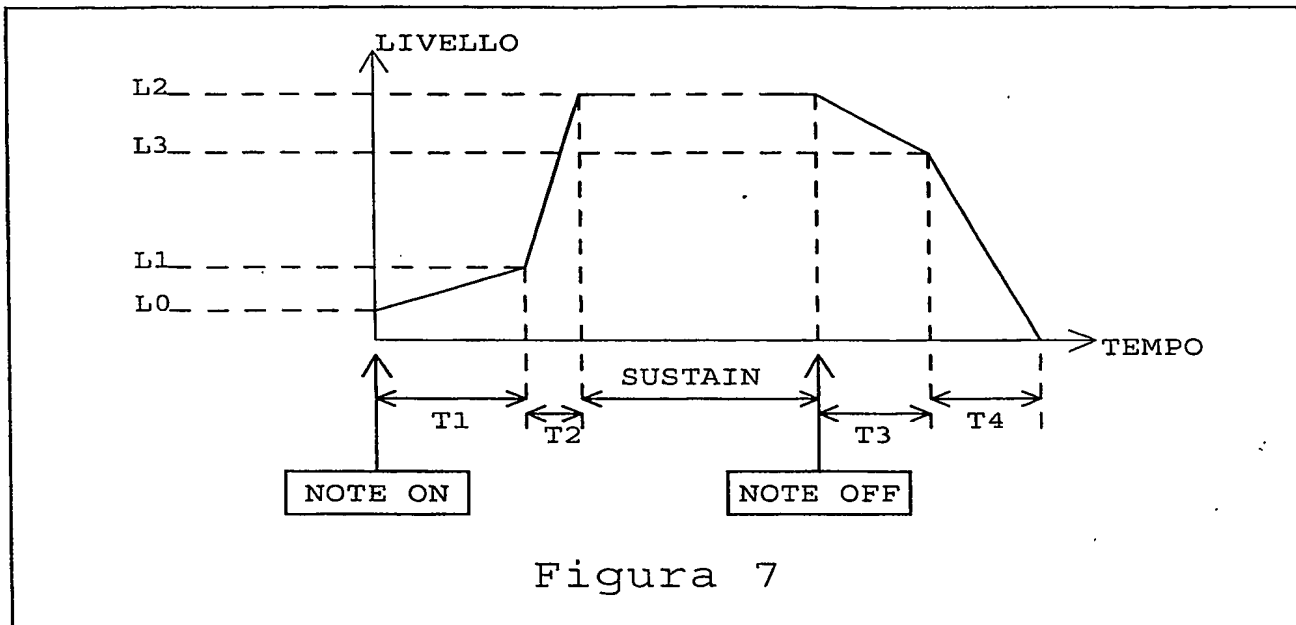


Figura 7

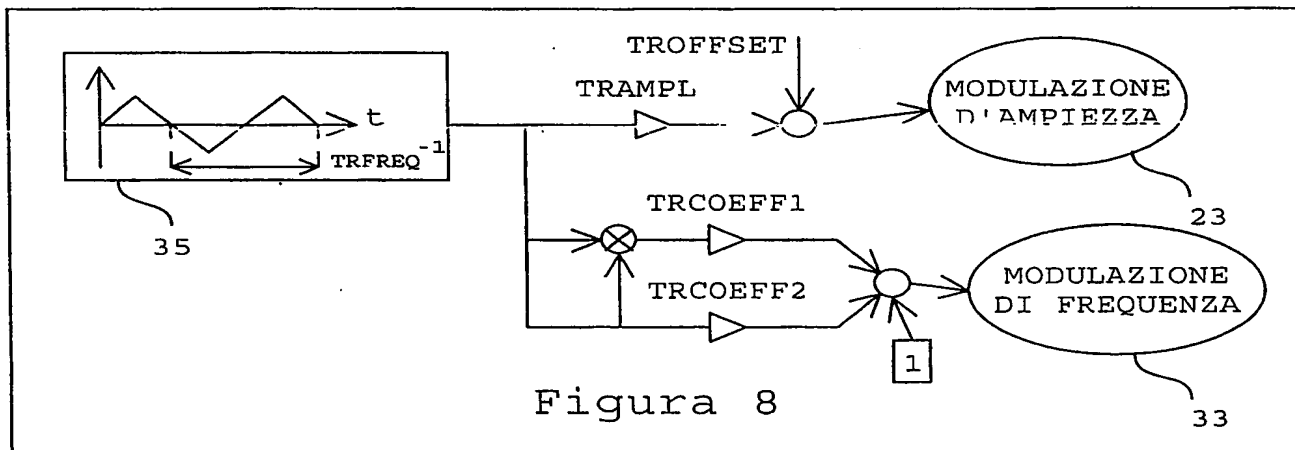


Figura 8

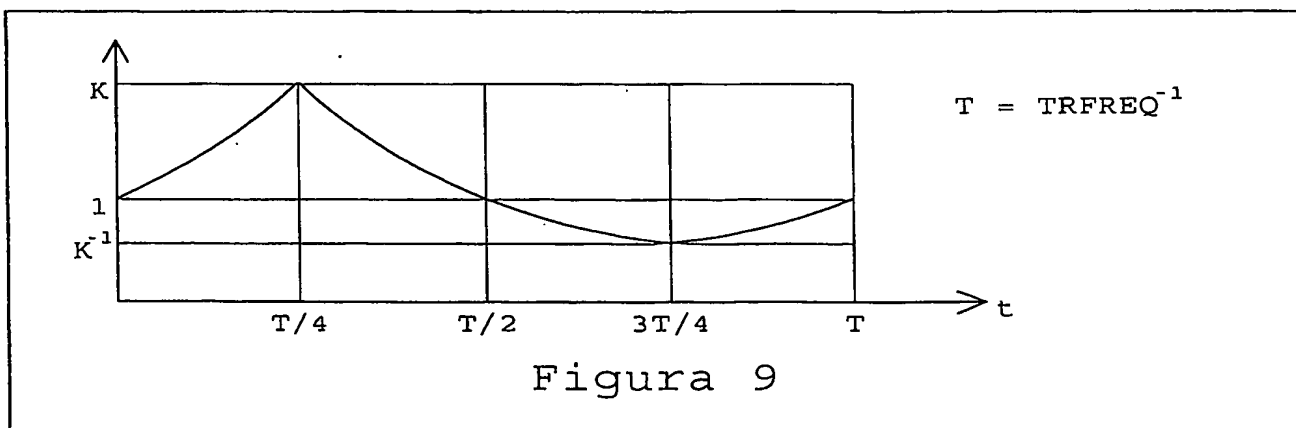


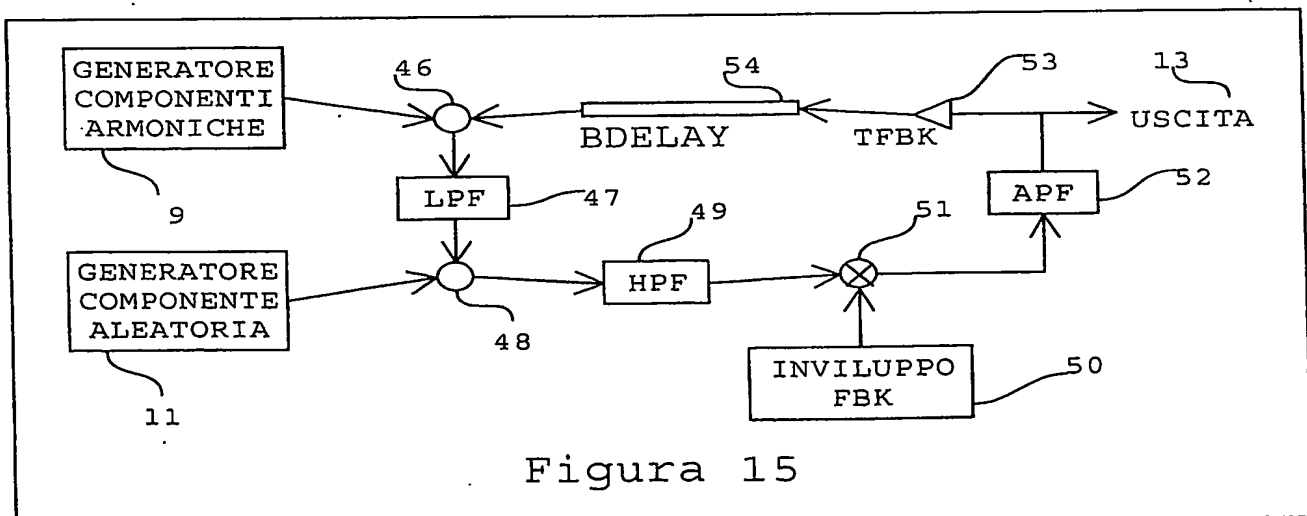
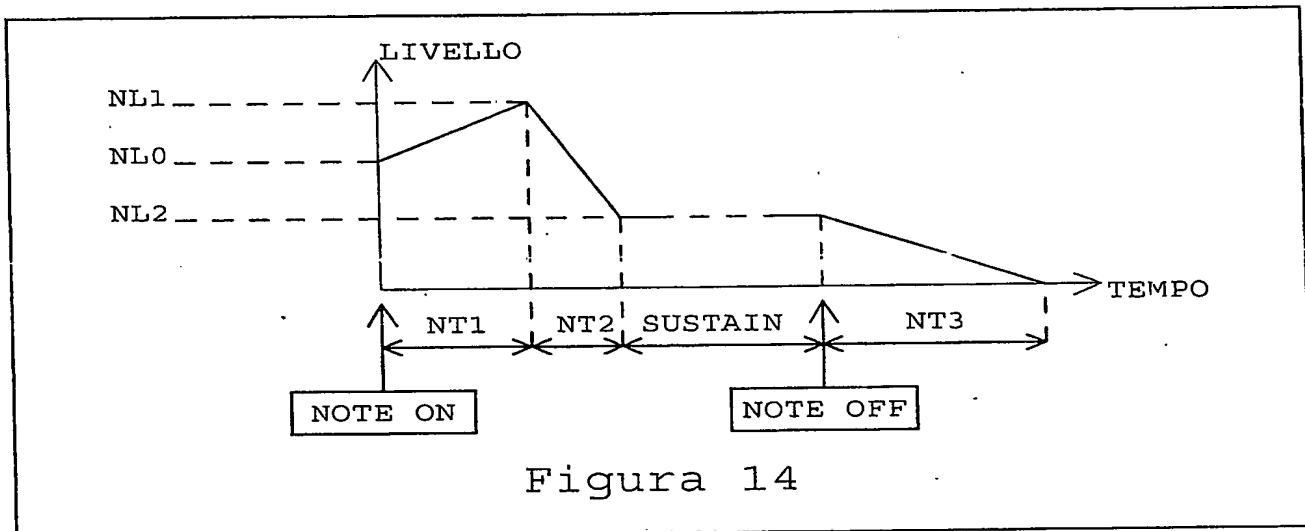
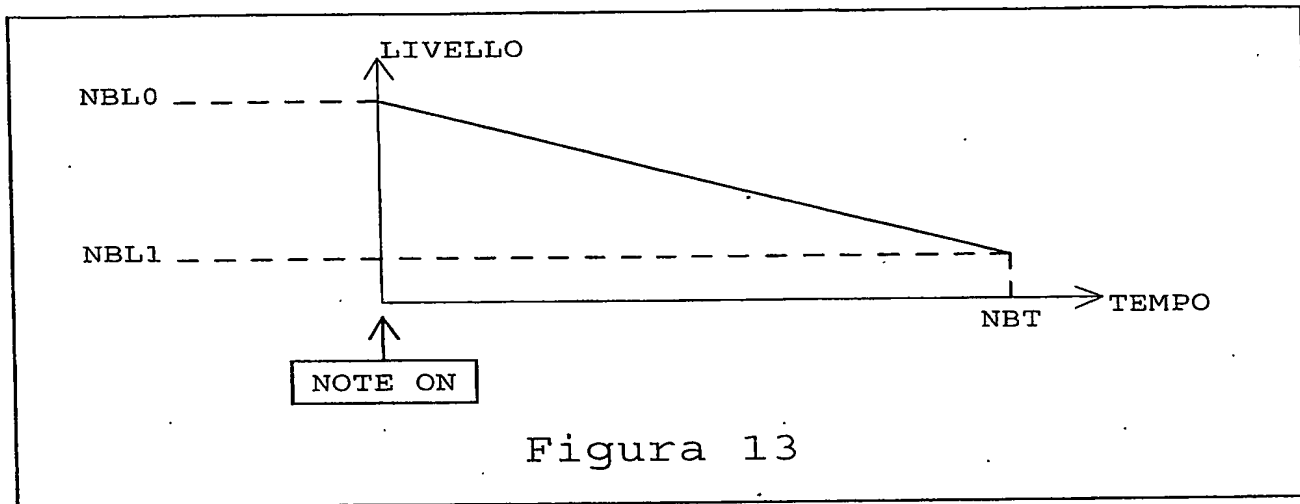
Figura 9



Figura 10

Figura 12

6/8



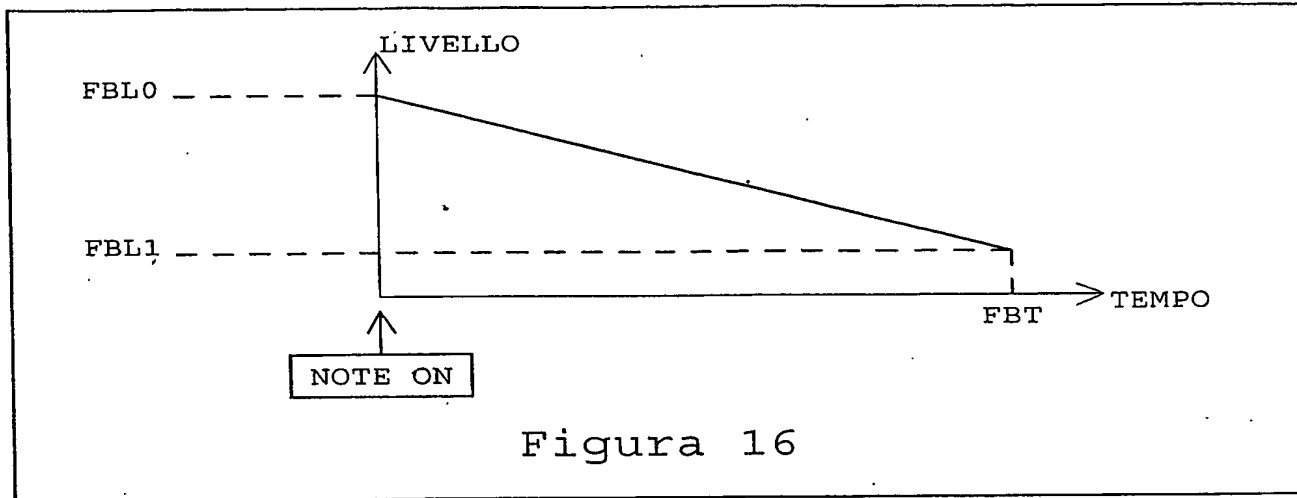


Figura 16

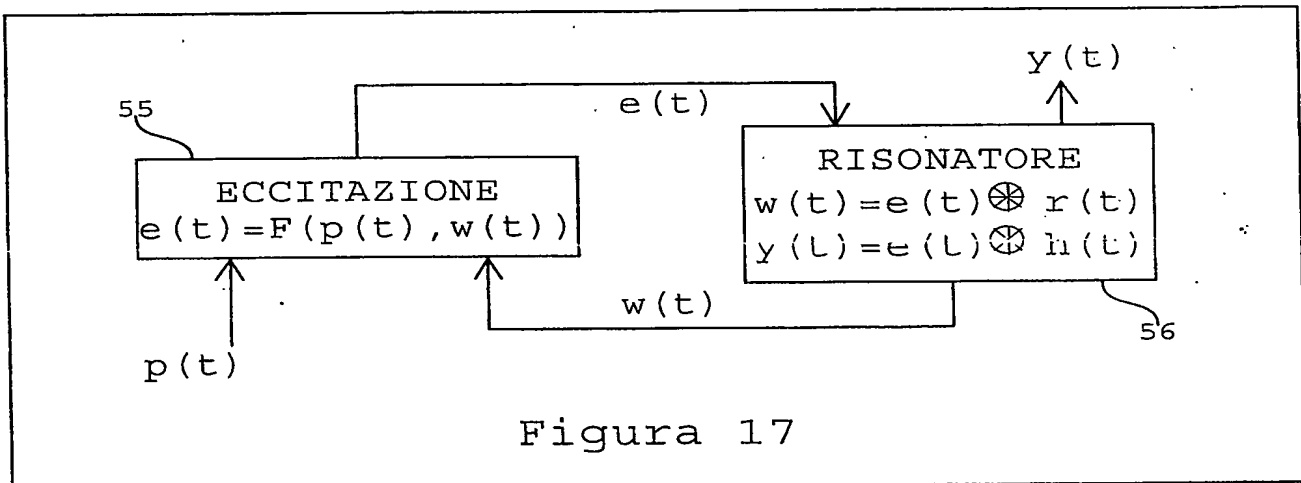


Figura 17

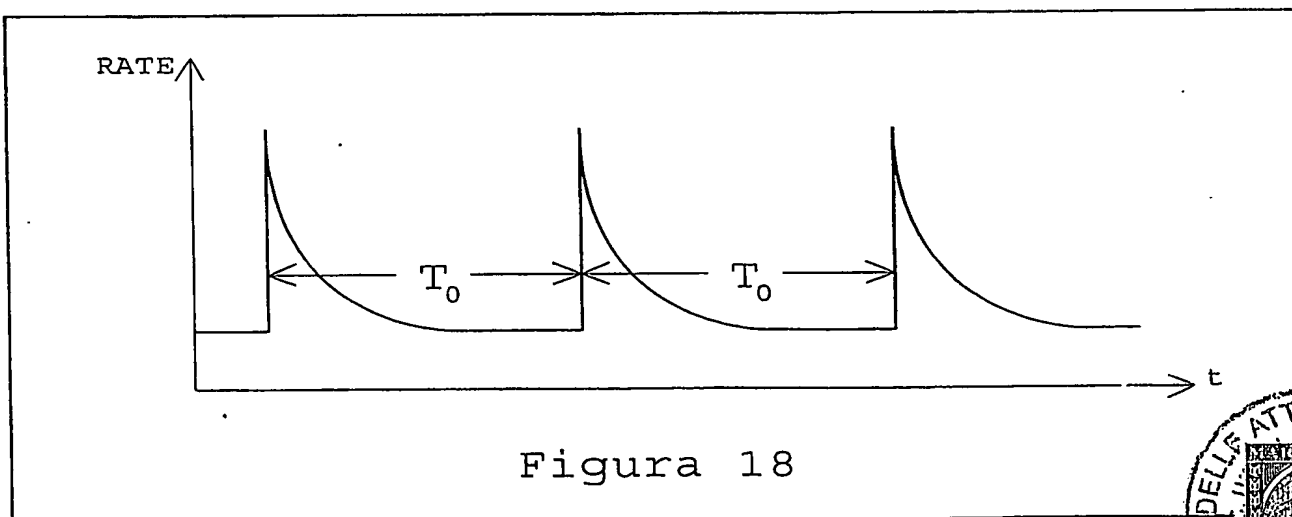
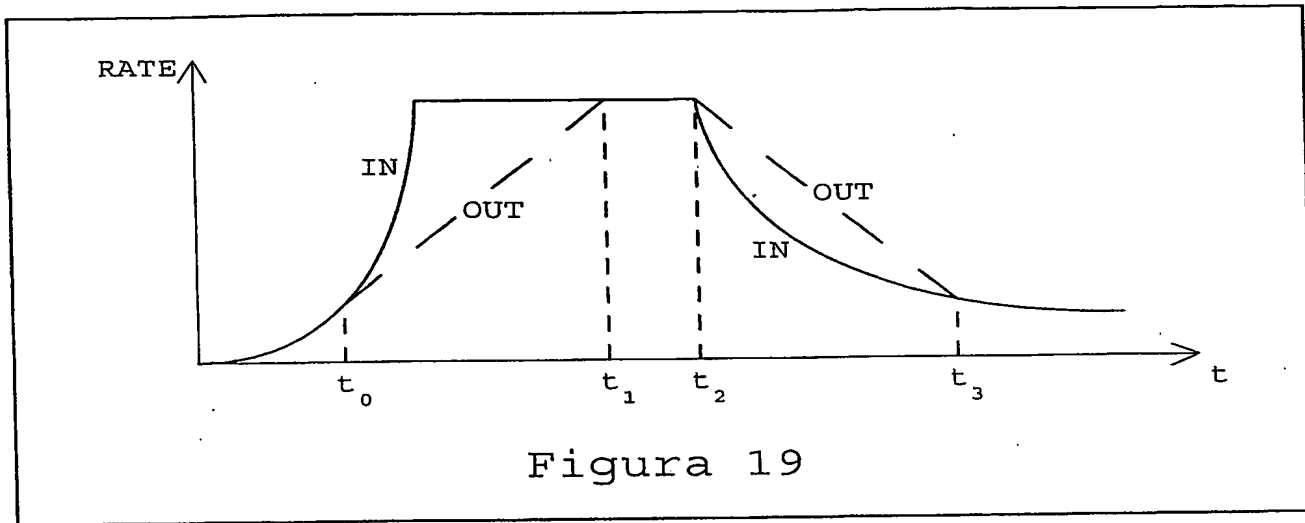


Figura 18



Dr. Ing. CLAUDIO BALDI  
MANDATARIO ABILITATO  
ISCR. ALBO n. 299



Il Funzionario  
MARCHI